

抑制劑對某電廠廠用冷卻水系統黏稠物控制之研究

李季眉¹ 王俊欽² 邱善得³ 廖庭寬⁴ 郭淑德³ 陳錫金³ 吳懷恩⁵ 陳惠陽⁵ 史文龍⁵

關鍵詞：商用抑制劑、非商用抑制劑、電廠廠用冷卻水。

摘 要

某電廠廠用冷卻水中，以加入鉬酸鹽系緩蝕劑的方法來抑制管路的腐蝕，在監測緩蝕劑對腐蝕的抑制效果時，卻發現設備表面生成的透明泥濘物會加速設備腐蝕。故為延長管路之壽命，本研究的主要目的在分離泥濘物中之微生物，鑑定出其菌名，並試驗防制泥濘物生長之藥劑的效果。結果顯示：廠用冷卻水透明泥濘物中含有桿菌、絲狀菌等微生物菌群，且從透明泥濘物中分離得到6株純種菌株。商用抑制劑P無法抑制廠用冷卻水原水中的菌群及純種菌株生長，而商用抑制劑K、非商用抑制劑N及H可抑制廠用冷卻水原水中的菌群及純種菌株生長，且抑制效果為：非商用抑制劑N > 非商用抑制劑H > 商用抑制劑K。

THE GROWTH CONTROL OF THE SLIME IN COOLING WATER SYSTEM OF ONE POWER PLANT WITH ANTIMICROBIAL AGENTS

Chi-Mei Lee¹ Chun-Chin Wang² San-Der Chyou³ Ting-Kuan Liao¹ Shu-Te Kuo³
Shi-Jin Chen³ Huai-En Wu⁴ Hui-Yang Chen⁴ Wen-Lung Shih⁴

¹ Department of Environmental Engineering,
National Chung Hsing University,
Taichung 402, Taiwan, R.O.C

² Department of Environmental Engineering,
HungKuang University, Taichung
433, Taiwan, R.O.C

³ Power Research Institute, Taiwan Power
Company, Taipei 238,
Taiwan, R.O.C

⁴ Taichung power plant, Taiwan Power
Company, Taichung 433,
Taiwan, R.O.C

Key words: commercial antimicrobial agents, noncommercial antimicrobial agents, cooling water.



¹ 國立中興大學環境工程學系教授 E-mail:cmlee@dragon.nchu.edu.tw

² 弘光科技大學環境工程系助理教授

³ 臺灣電力公司電力綜合研究所

⁴ 國立中興大學環境工程學系碩士

⁵ 臺灣電力公司臺中火力發電廠

Abstract

In the presence, molybdate is added as corrosion inhibitor to the cooling water system of one power plant. Monitoring the inhibitory efficiency of corrosion inhibitor, it was found that the slime generated from the cooling system was accelerating the corrosion of the cooling system. In order to avoid the corrosion of the cooling system, the main purpose of this research is to isolate and identify the bacterium strains from the slime. The inhibitory efficiency of antimicrobial agents to these strains was examined, in order to find the appropriate type and dosage of the antimicrobial agent. The result showed that the cooling water contains rod-shaped bacteria and filamentous microorganism. Six strains were isolated from the slime of the cooling water system. Commercial antimicrobial agent P could not inhibit the growth of the six strains and the slime of the cooling water system. Commercial antimicrobial agent P and Noncommercial antimicrobial agents N, H could inhibit the growth of the six strains and the slime of the cooling water system. The inhibitory efficiency sequences were noncommercial antimicrobial agents N, noncommercial antimicrobial agents H and commercial antimicrobial agent P.

一、前言

某電廠之廠用冷卻水中，以加入鉬酸鹽系緩蝕劑的方法來抑制管路的腐蝕[1-3]，在監測緩蝕劑對腐蝕的抑制效果時，卻發現設備表面生成的透明泥濘物(slime)，會加速設備腐蝕。故為改善管路腐蝕，延長管路之使用壽命，則須抑制管路中泥濘物(黏稠物)的孳生。故本研究之目的在瞭解泥濘物為何物，由其中分離出微生物並鑑定出微生物種類，並且試驗防制微生物(泥濘物)生長之藥劑效果。試驗結果可供提昇某電廠廠用冷卻水系統之腐蝕抑制效率，從而研擬防制對策。

二、實驗方法

2.1 廠用冷卻水之顯微鏡觀察

利用位相差顯微鏡(Nikon, Optiphot, Japan)及數位相機(Nikon, COOLPIX950, Japan)觀察廠用冷卻水中透明泥濘物之菌相。

2.2 菌種之分離及純化

菌種之分離及純化主要是利用酵母抽出物-硫酸錳培養基[4]及 *Leptothrix2xPYG* 培養基[5-6]來進行分

離工作。首先將廠用冷卻水作稀釋系列，爾後在酵母抽出物-硫酸錳培養基及 *Leptothrix2xPYG* 培養基上塗抹，並於 30°C 下培養以得到單一菌落。將單一菌落挑起，並於培養基上劃線且於 30°C 下培養，以確認為純種菌株。酵母抽出物-硫酸錳培養基之成份為 1 升之超純水中含有 50 mg 之酵母抽出物(yeast extract)、20 mg 之硫酸錳、16.5 g 之洋菜(agar)[4]。*Leptothrix2xPYG* 培養基(pH 值調至 7.3)之成份為 1 升之超純水中含有 0.5 g 之蛋白胨(peptone)、0.5 g 之酵母抽出物、0.5 g 之葡萄糖、0.6 g 之硫酸鎂、0.07 g 之氯化鈣、3.57 g 之 HEPES、17 mg 之硫酸錳、16.5 g 之洋菜(agar)[5-6]。

2.3 菌種之鑑定

本測試是採用 16S rDNA 序列菌種鑑定方法獲悉菌種名稱[7]。首先將微生物細胞中的染色體 DNA 純化出來，經聚合酶鏈反應(polymerase chain reaction, PCR)將樣品量倍增放大後，以瓊脂糖凝膠電泳確認 PCR 產物，爾後將所需之 DNA 片段由瓊脂糖凝膠中純化出來並進行定序，最後將得到的菌株鹽基序列送至 National Center for Biotechnology Information (NCBI) 網站進行比對，並獲得結果。PCR 操作條件為(1) 94°C、5 分鐘，進行 hot start，

(2) 94°C、1分鐘，使模版DNA產生變性，(3) 55°C、1分鐘，讓引發物與模版DNA煉合，(4) 72°C、2分鐘，進行DNA延長作用。如此重複30個循環後，再於72°C反應10分鐘，使DNA之合成能充分延長。所使用之引發物(primer)為27f與1492r。27f為5'-GAGTTTGATCMTGGCTCAG-3'。其中M為(AC)。1492r為5'-TACGGYTACCTG TTACGACTT-3'。其中Y為(CT)。

2.4 商用抑制劑之效果測試

本測試之目的在瞭解商用抑制劑對菌株生長之抑制效果。首先將所分離出的純種菌株劃碟增殖培養後，用棉花棒將菌體加入培養基中，調整菌液吸光度值(O.D.₆₀₀值)為0.1左右，再分裝10 ml至試管中，加入濃縮抑制劑(10000 mg/l)，若要調整抑制劑濃度為100 mg/l，則在10 ml的菌液中加入100 μl的濃縮抑制劑。另外增設一管為只添加培養基不添加抑制劑的對照組，隨後定期以單光束分光光度計(Sequoia-Turner Corporation, Model 340 Spectrophotometer)於波長600 nm下，監測菌液吸光度值變化。若菌液吸光度值增加則表示菌株生長，亦即該抑制劑濃度已失去藥效。此時所使用之培養基為Leptothrix 2xPYG培養基，原因在於菌株以Leptothrix 2xPYG培養基之生長情形較佳。而使用之商用抑制劑為抑制劑K與抑制劑P。商用抑制劑之定義為市面上販售之抑制劑商品(產品)。

2.5 非商用抑制劑之效果測試

本測試之目的在瞭解非商用抑制劑對菌株生長之抑制效果。實驗方法同2.4所述，差別在於本測試所使用之抑制劑為非商用抑制劑N與非商用抑制劑H。非商用抑制劑之定義為具備抑制效果的化學藥品，但此化學藥品並非市面上販售之抑制劑商品(產品)。

2.6 抑制劑對廠用冷卻水原水菌群之抑制試驗

本試驗之目的在瞭解商用抑制劑K、P，非商用抑制劑N、H，對冷卻水原水中菌群之生長是否有抑制效果。試驗方法為將廠用冷卻水原水加入Leptothrix 2xPYG培養基中，並取10 ml分裝至各試管中，再加入濃縮的抑制劑，同樣增設一管只添加

培養基不添加抑制劑的對照組，隨後定期以單光束分光光度計於波長600 nm下，監測菌液吸光度值變化。

三、結果與討論

3.1 廠用冷卻水中透明泥濘物之顯微鏡觀察

圖1為廠用冷卻水中透明泥濘物之位相差顯微鏡照片。由圖中可知，某電廠廠用冷卻水中確實含有微生物菌群，除桿菌外，亦可發現絲狀菌。

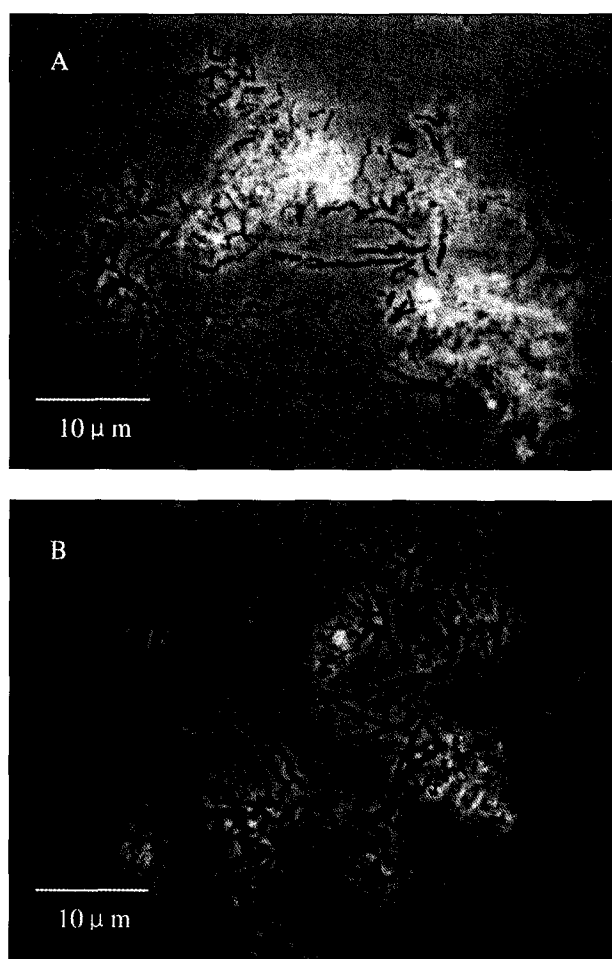


圖1 廠用冷卻水中透明泥濘物之位相差顯微鏡照片A與B。

3.2 菌種之分離純化及鑑定

由廠用冷卻水透明泥濘物中總共分離到6株純種菌株，編號為B1-B6。此6株菌及其菌落經顯微鏡觀察所得之特徵如表1所示。該6株菌之16S rDNA序列經比對後所得菌株名稱示於表2。

表1 菌株B1-B6及其菌落之外表特徵

菌株編號	菌株形狀	菌落顏色	菌落直徑	菌落形狀	菌落表面	菌落邊緣
B1	短桿菌	深黃色	1 mm	圓形	隆起	全緣
B2	桿菌	乳白色	0.5 mm	圓形	圓狀	全緣
B3	桿菌	淺黃色	1 mm	圓形	隆起	全緣
B4	短桿菌	深黃色	1.5 mm	不規則形	隆起	全緣
B5	桿菌	淺黃色	2 mm	圓形	扁平	捲曲狀
B6	桿菌	深黃色	1 mm	圓形	圓狀	全緣

表2、菌株B1-B6之菌名

菌株編號	菌株名稱
B1	<i>Chryseobacterium</i> sp.
B2	<i>Pseudomonas alcaligenes</i>
B3	未鑑定出
B4	<i>Sphingomonas</i> sp.
B5	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
B6	<i>Sphingomonas</i> sp.

3.3 商用抑制劑之效果測試

高達 9000 mg/l 之商用抑制劑 P 對菌株 B1 之生長無任何抑制效果，而 100 mg/l 以上之商用抑制劑 K 於監測時間終止時(90.8 小時)對菌株 B1 的生長仍具抑制效力(結果未圖示)。圖 2 為不同濃度之商用抑制劑 K 與 P 對菌株 B2 生長的抑制情形。由圖中可知，菌株 B2 可於 9000 mg/l 以下之商用抑制劑 P 存在時生長。而 60 mg/l、100 mg/l 及 200 mg/l 之商用抑制劑 K 對菌株 B2 生長之抑制效力分別為 5.7 小時、43.5 小時與 90.4 小時。

3000 mg/l 之商用抑制劑 P 對菌株 B3 生長之抑制效果為 1.6 小時，菌株 B3 的生長可被 6000 mg/l-9000 mg/l 之商用抑制劑抑制 5.2 小時。而 60 mg/l、100 mg/l 及 200 mg/l 之商用抑制劑 K 對菌株 B3 生長之抑

制效力分別為 25 小時、47.6 小時與 89.9 小時(結果未圖示)。高達 9000 mg/l 之商用抑制劑 P 對菌株 B4 的生長無任何抑制效果。而 60 mg/l 之商用抑制劑 K 對菌株 B4 生長之抑制效力為 42.7 小時，100 mg/l-200 mg/l 之商用抑制劑 K 於監測時間終止時(89.6 小時)對菌株 B4 之生長仍具抑制效力(結果未圖示)。菌株 B5 可於 9000 mg/l 以下之商用抑制劑 P 存在時生長，而 60 mg/l 以上之商用抑制劑 K 對菌株 B5 最少可抑制其生長 88.7 小時(結果未圖示)。圖 3 為菌株 B6 被不同濃度之商用抑制劑 K 與 P 抑制的生長情況。由圖中可知，高達 9000 mg/l 之商用抑制劑 P 對菌株 B6 之生長無任何影響效果。而 60 mg/l 之商用抑制劑 K 對菌株 B6 生長之抑制效力為 28.5 小時，100 mg/l-200 mg/l 之商用抑制劑 K 於監測時間終止時(88.6 小時)對

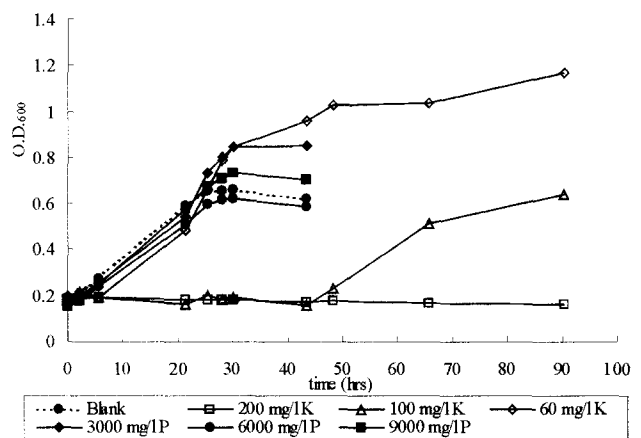


圖2 不同濃度之商用抑制劑 K 與 P 對菌株 B2 生長之抑制情形。

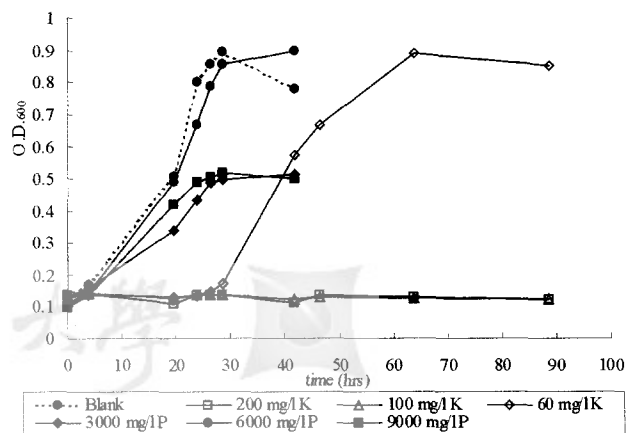


圖3 不同濃度之商用抑制劑 K 與 P 對菌株 B6 生長之影響情形。

菌株 B6 生長仍具抑制能力。

由上述結果可知，無論純種菌株為何，商用抑制劑 K 對純種菌株之生長抑制效果遠大於商用抑制劑 P。而就商用抑制劑 K 而言，其對純種菌株 B2 之生長抑制效力最差，而對純種菌株 B1、B5 之生長抑制效果最好。

3.4 非商用抑制劑之效果測試

50 mg/l 以上之非商用抑制劑 N、20 mg/l 以上之非商用試劑 H 與 8% 之鉬酸鹽，於監測時間終止時 (115.3 小時) 對菌株 B1 生長仍具抑制效力 (結果未圖示)。不同濃度之非商用抑制劑 N、H 與鉬酸鹽抑制菌株 B2 生長情形如圖 4 所示。由圖中可知，菌株 B2 最少可被 50 mg/l 以上之非商用抑制劑 N、20 mg/l 以上之非商用試劑 H 與 8% 之鉬酸鹽抑制生長 115.9 小時，不過該菌株可於存在 1% 之鉬酸鹽中生長。

50 mg/l 以上之非商用抑制劑 N、20 mg/l 以上之非商用試劑 H 與 8% 之鉬酸鹽，於監測時間終止時 (115.2 小時) 仍抑制菌株 B3 生長。不過，1% 之鉬酸鹽對菌株 B3 不具抑制效力 (結果未圖示)。菌株 B4 於監測時間終止時 (114.7 小時) 仍被 50 mg/l 以上之非商用抑制劑 N、20 mg/l 以上之非商用試劑 H 與 8% 之鉬酸鹽抑制生長，但該菌可於 1% 鉬酸鹽存在下生長 (結果未圖示)。50 mg/l 以上之非商用抑制劑 N、20 mg/l 以上之非商用試劑 H 與 8% 之鉬酸鹽於監測時間終止時 (114.3 小時) 仍影響菌株 B5 生長，不過 1% 之鉬酸鹽對菌株 B5 之生長不具抑制效力 (結果未圖示)。不同濃度之非商用抑制劑 N、H 與鉬酸鹽對菌

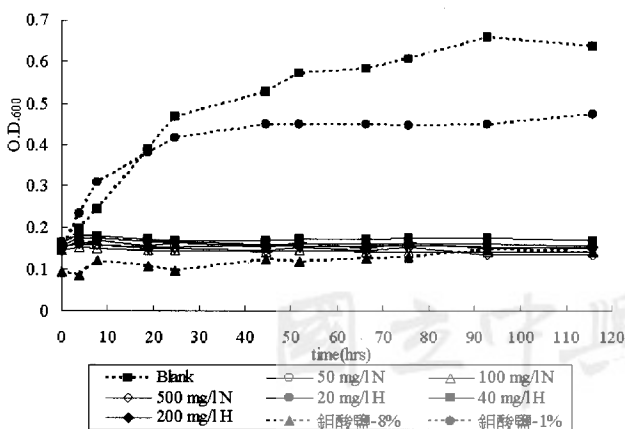


圖 4 不同濃度之非商用抑制劑 N、H 與鉬酸鹽對菌株 B2 生長之抑制情形。

株 B6 生長之抑制情形示於圖 5。由圖中可知，菌株 B6 於監測時間終止時 (114 小時) 仍被 50 mg/l 以上之非商用抑制劑 N、20 mg/l 以上之非商用試劑 H 與 8% 之鉬酸鹽抑制生長，但 1% 之鉬酸鹽對菌株 B6 生長不具影響能力。

由上述結果可知，無論純種菌株為何，50 mg/l 以上之非商用抑制劑 N 與 20 mg/l 以上之非商用抑制劑 H，於實驗監測終止時，對純種菌株之生長抑制效果仍存在。雖然，8% 之鉬酸鹽於實驗監測時間終止時對任何純種菌株生長仍具抑制能力，不過，1% 之鉬酸鹽對任何菌株生長皆不具抑制能力。故就使用量與抑制方面而言，鉬酸鹽對菌株生長抑制之效果遠不如非商用抑制劑 N 與非商用抑制劑 H。

非商用抑制劑與商用抑制劑相較之下，非商用抑制劑 N 與 H 對菌株生長之抑制效果皆優於商用抑制劑 K 與 P。

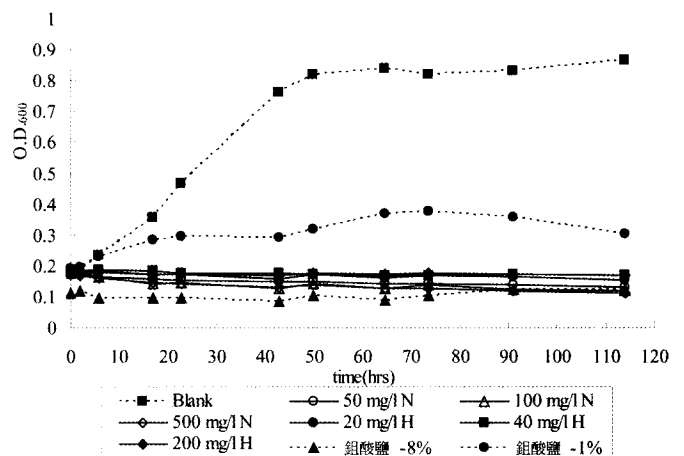


圖 5 不同濃度之非商用抑制劑 N、H 與鉬酸鹽對菌株 B6 生長之影響情形。

3.5 抑制劑對廠用冷卻水原水菌群之抑制試驗

圖 6 為不同濃度之商用抑制劑 P 對廠用冷卻水原水中菌群之生長抑制情形。由圖中可知，高達 6000 mg/l 之商用抑制劑 P 對廠用冷卻水原水中菌群的生長完全無抑制能力。廠用冷卻水原水中之菌群受不同濃度的商用抑制劑 K 抑制生長情形示於圖 7。由圖中可得，40 mg/l 之商用抑制劑 K 對廠用冷卻水原水中菌群的生長抑制時間約為 66.8 小時，100 mg/l 以上之商用抑制劑 K，於實驗監測時間終了 (161.9 小時)，對廠用冷卻水原水中菌群之生長仍具抑制能

力。圖8為廠用冷卻水原水中之菌群受不同濃度之非商用抑制劑N抑制生長情況。由圖中可得，20 mg/l以上之非商用抑制劑N，於實驗監測時間終了(161.9小時)，仍可抑制廠用冷卻水原水中菌群之生長。不同濃度之非商用抑制劑H對廠用冷卻水原水中菌群的生長抑制情形示於圖9。由圖中可得，4 mg/l與10 mg/l之非商用抑制劑H對廠用冷卻水原水中菌群之生長抑制時間分別為40.2小時與66.8小時，20 mg/l的非商用抑制劑H，於實驗監測時間終了(161.9小時)，仍可抑制廠用冷卻水原水中菌群的生長。

由圖6與圖7可知，商用抑制劑K對廠用冷卻水原水中菌群之生長抑制能力遠大於商用抑制劑P。而從圖8與圖9可得非商用抑制劑N與非商用抑制劑H對廠用冷卻水原水中菌群之生長抑制能力差不多。故針對某電廠廠用冷卻水原水中菌群之抑制方面，就商用抑制劑而言，應選擇商用抑制劑K。就非商用抑制劑而言，非商用抑制劑N與非商用抑制劑H皆可。

為瞭解商用抑制劑K與非商用抑制劑N，於更低濃度時，對廠用冷卻水原水與除礦水中菌群之生長抑制能力為何、藥效能持續多久進行另一類似實驗。

圖10為不同較低濃度之商用抑制劑K對廠用冷卻水原水中菌群之生長抑制情形。由圖中可知5 mg/l、10 mg/l、20 mg/l、50 mg/l及100 mg/l之商用抑制劑K，對廠用冷卻水原水中菌群之生長抑制時間分別為1.1天、2.1天、3.1天、6.1天及23.4天。此顯示商用抑制劑K雖對廠用冷卻水原水中菌

群之生長有抑制現象，但隨反應時間增長藥效仍會喪失。此外亦可得商用抑制劑K對廠用冷卻水原水

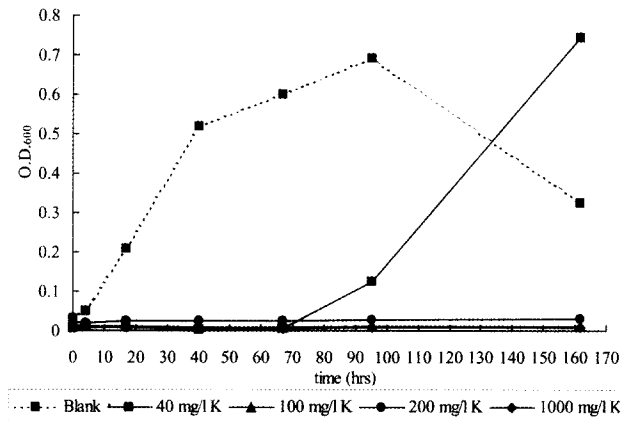


圖7 不同濃度之商用抑制劑K對廠用冷卻水原水中菌群的生長抑制情形。

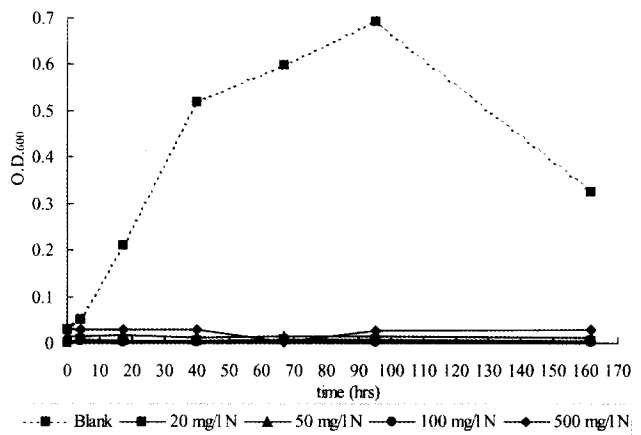


圖8 不同濃度之非商用抑制劑N對廠用冷卻水原水中菌群的生長抑制情形。

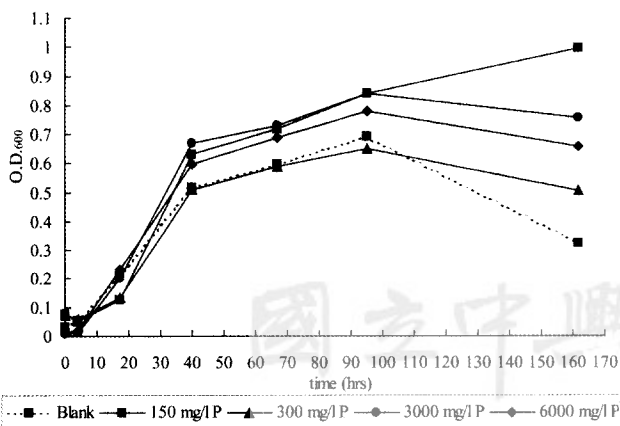


圖6 不同濃度之商用抑制劑P對廠用冷卻水原水中菌群的生長抑制情形。

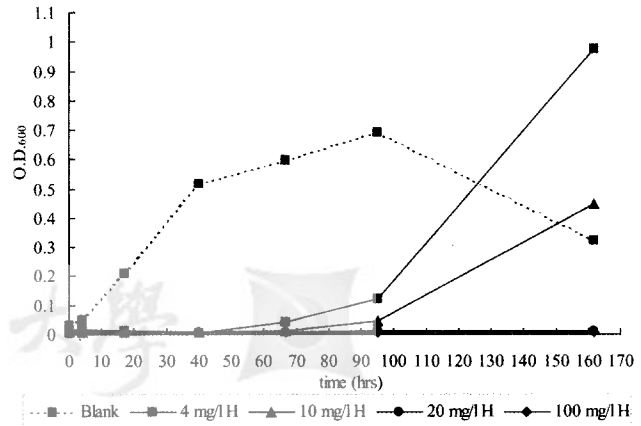


圖9 不同濃度之非商用抑制劑H對廠用冷卻水原水中菌群的生長抑制情形。

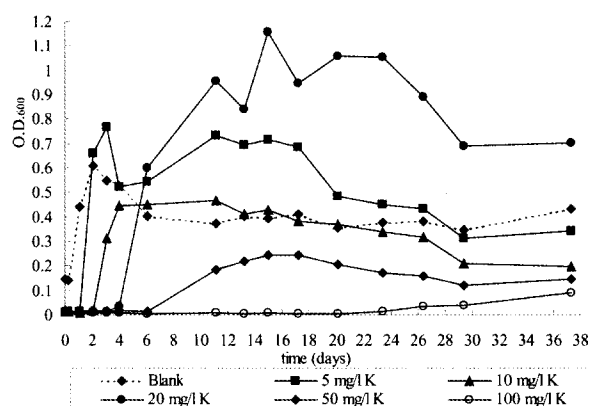


圖 10 不同較低濃度之商用抑制劑 K 對廠用冷卻水原水中菌群的生長抑制情形。

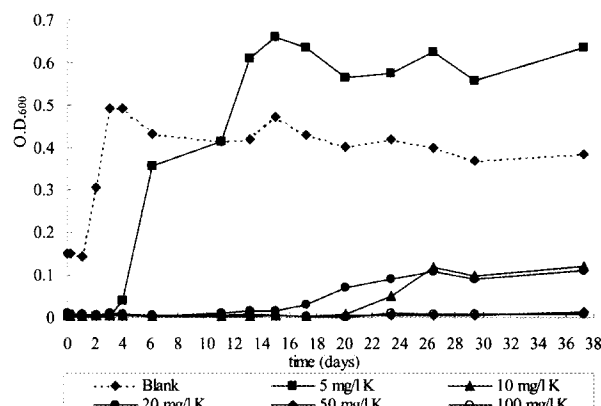


圖 12 不同較低濃度之商用抑制劑 K 對除礦水中菌群的生長抑制情形。

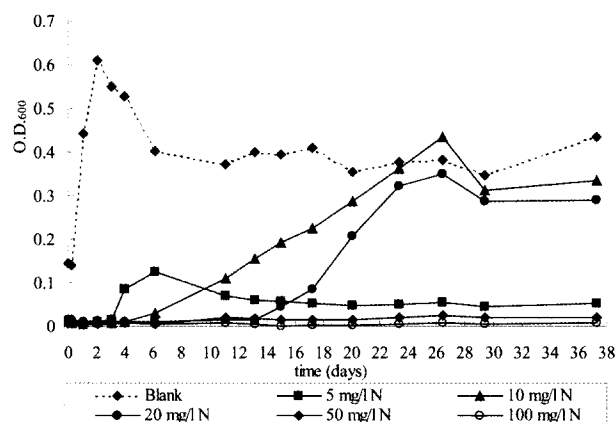


圖 11 不同較低濃度之非商用抑制劑 N 對廠用冷卻水原水中菌群的生長抑制情形。

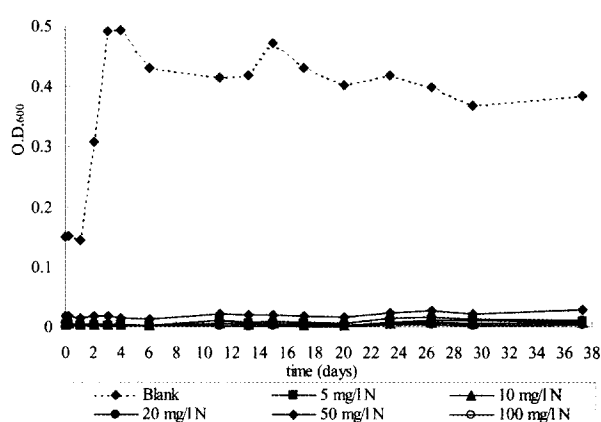


圖 13 不同較低濃度之非商用抑制劑 N 對除礦水中菌群的生長抑制情形。

中菌群之作用只是抑制菌群生長並非將菌群破壞(殺死)。廠用冷卻水原水中之菌群受不同較低濃度非商用抑制劑 N 抑制生長情形如圖 11 所示。由圖中可知 5 mg/l、10 mg/l、20 mg/l 之非商用抑制劑 N，對廠用冷卻水原水中菌群之生長抑制時間分別為 3.1 天、6.1 天及 13.2 天。而 50 mg/l 及 100 mg/l 之非商用抑制劑 N 於監測時間達 37.3 天，對廠用冷卻水原水中菌群之生長仍具抑制能力。

圖 12 為不同較低濃度之商用抑制劑 K 對除礦水中菌群的生長抑制情形。由圖中可知 5 mg/l、10 mg/l、20 mg/l 之商用抑制劑 K，對除礦水中菌群的生長抑制時間分別為 4 天、23.4 天及 17.2 天。而 50 mg/l 及 100 mg/l 之商用抑制劑 K 於監測時間達 37.3 天，對除礦水中菌群的生長仍具抑制能力。除礦水中之菌群被不同較低濃度非商用抑制劑 N 抑制生長

情形如圖 13 所示。由圖中可知，5 mg/l-100 mg/l 之非商用抑制劑 N 於監測時間達 37.3 天，對除礦水中菌群的生長仍具抑制能力。

從圖 10-圖 13 中可知，非商用抑制劑 N 對菌群的生長抑制效果較商用抑制劑 K 好。此外，由商用抑制劑 K 及非商用抑制劑 N 對廠用冷卻水原水與除礦水中菌群的生長抑制情形可知，除礦水中之菌群相對於冷卻水原水之菌群較易受到抑制劑抑制。造成此現象之原因可能有二：一為除礦水中之菌群與冷卻水原水之菌群種類不同，且除礦水中之菌群種類較易受到商用抑制劑 K 及非商用抑制劑 N 的抑制。二為除礦水中之菌群種類及數量皆少於冷卻水原水之菌群，故較易受到抑制。

整體而言，商用抑制劑 K 與非商用抑制劑 N 對廠用冷卻水原水中菌群的生長、除礦水中菌群的生長及純種菌株之生長具抑制能力。不過由於非商用抑制

劑 N 組成份較商用抑制劑 K 明確，且價格低廉，加上其抑制菌群生長之效果較商用抑制劑 K 佳，故為防止某電廠廠用冷卻水系統被腐蝕可採用非商用抑制劑 N。

四、結 論

1. 某電廠廠用冷卻水之透明泥濘物含有桿菌、絲狀菌等微生物菌群。
2. 高達 9000 mg/l 之商用抑制劑 P 對由廠用冷卻水中篩選而得之純種菌株無任何抑制菌株生長之效力。而 200 mg/l 之商用抑制劑 K 對由廠用冷卻水中篩選而得之純種菌株至少具有 88.6 小時的抑制能力，且對純種菌株 B1 及 B5 之抑制效果最佳。
3. 無論純種菌株為何，50 mg/l 以上之非商用抑制劑 N 與 20 mg/l 以上之非商用抑制劑 H，對純種菌株至少具有 114 小時之抑制能力。雖然，8% 之鉬酸鹽於實驗監測時間終止時(114 小時)對任何純種菌株仍具抑制能力，不過，1% 之鉬酸鹽對任何菌株皆不具抑制能力。故就使用量與抑制方面而言，鉬酸鹽對菌株生長抑制之效果遠不如非商用抑制劑 N 與非商用抑制劑 H。
4. 對純種菌株而言，非商用抑制劑 N 與 H 對菌株生長之抑制效果優於商用抑制劑 K 與 P。
5. 高達 6000 mg/l 之商用抑制劑 P 對廠用冷卻水原水中菌群之生長完全無抑制能力。100 mg/l 以上之商用抑制劑 K，於經過 161.9 小時後對廠用冷卻水原水中菌群之生長仍具抑制能力。故商用抑制劑 K 對冷卻水原水之菌群抑制效果遠優於商用抑制劑 P。
6. 非商用抑制劑 N 與非商用抑制劑 H，於 20 mg/l 濃度下，經過 161.9 小時後對廠用冷卻水原水中菌群之生長仍具抑制能力。故非商用抑制劑 N 對冷卻水原水之菌群抑制效果與非商用抑制劑 H 相近。
7. 100 mg/l 之商用抑制劑 K 與 50 mg/l 的非商用抑制劑 N 分別抑制冷卻水原水中菌群生長達 23.4 天與 37.3 天；而 50 mg/l 之商用抑制劑 K 與 5 mg/l 的非商用抑制劑 N 對除礦水中菌群之生長抑制效果最少亦有 37.3 天。故對冷卻水原水與除礦水中菌群

之生長抑制效果，非商用抑制劑 N 優於商用抑制劑 K。

五、參考文獻

1. Little, B. J., Ray, R. I. and Pope, R. K., "Relationship between Corrosion and the Biological Sulfur Cycle: A Review," *Critical Review of Corrosion Science and Engineering*, Vol. 56, No. 4, pp. 433-443.
2. Ollesen, B. H., Nielsen, P. H. and Lewandowski, Z., "Effect of Biomineralized Manganese on the Corrosion Behavior of C1008 Mild Steel," *Corrosion Engineering Section*, Vol. 56, No. 1, pp. 80-89.
3. Tyler, P. A. and Marshall, K. C., "Pleomorphy in Stalked Bacteria," *Journal of Bacteriology*, Vol. 93, pp. 1132-1136.
4. Pringsheim, E. G., "Iron Bacteria," *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, Vol. 24, pp. 200-245.
5. 行政院環保署環境檢驗所網頁-環境生物檢測方法彙編。2001。網址：<http://www.niea.gov.tw/niea/LIVE/E20951C.htm>
6. Johanna, C. de B., Fred, C. B., Pieter, B. and Kuenen, J. G., "Floating Filters, a Novel Technique for Isolation and Enumeration of Fastidious, Acidophilic, Iron-oxidizing, Autotrophic Bacteria," *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 56, No. 9, pp. 2891-2894.
7. 邱偉鈞，「耐冷菌 *Pseudomonas* sp. P90 產生之金屬結合性蛋白質分解酶的基因選殖、純化與特性分析」，碩士論文，國立中興大學植物學研究所，台中(2000)。

論文收稿：93 年 1 月 15 日

論文修訂：93 年 3 月 15 日

論文接受：93 年 3 月 20 日